

## Karta (sylabus) modułu/przedmiotu

Mechanika i budowa maszyn  
(Nazwa kierunku studiów)

Studia I-stopnia

<b>Przedmiot:</b>	Zasady lotu	Principles of flight
<b>Rok:</b> IV		<b>Semestr:</b> VIII
M 1 P 2 8 61-2 0		
<b>Rodzaje zajęć i liczba godzin:</b>	<b>Studia stacjonarne</b>	<b>Studia niestacjonarne</b>
Wykład	30	
Ćwiczenia	-	
Laboratorium	-	
Projekt	45	
<b>Liczba punktów ECTS:</b>	4	

### Cel przedmiotu

<b>C1</b>	Zapoznanie studentów z zagadnieniami aerodynamiki poddźwiękowej, przydźwiękowej i naddźwiękowej.
<b>C2</b>	Zapoznanie studentów z zagadnieniami stateczności, sterowania i ograniczeń samolotu
<b>C3</b>	Zapoznanie studentów z zagadnieniami mechaniki lotu

### Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

<b>1</b>	Ma wiedzę z matematyki w zakresie algebry.
<b>2</b>	Ma podstawową wiedzę w zakresie fizyki, obejmującą mechanikę, termodynamikę, elektryczność i magnetyzm
<b>3</b>	Ma podstawową wiedzę w zakresie budowy i funkcji elementów płatowca, instalacji i zespołów napędowych

### Efekty kształcenia

	<b>W zakresie wiedzy:</b>
<b>EK1</b>	Ma wiedzę dotyczącą aerodynamiki poddźwiękowej wymaganą przez przepisy licencjonowania personelu lotniczego dla uzyskania licencji ATPL(A)
<b>EK2</b>	Ma wiedzę dotyczącą aerodynamiki przydźwiękowej i naddźwiękowej wymaganą przez przepisy licencjonowania personelu lotniczego dla uzyskania licencji ATPL(A)
<b>EK3</b>	Ma wiedzę dotyczącą stateczności i sterowania wymaganą przez przepisy licencjonowania personelu lotniczego dla uzyskania licencji ATPL(A)
<b>EK4</b>	Ma wiedzę dotyczącą ograniczeń wymaganą przez przepisy licencjonowania personelu lotniczego dla uzyskania licencji ATPL(A)
<b>EK5</b>	Ma wiedzę dotyczącą mechaniki lotu wymaganą przez przepisy licencjonowania personelu lotniczego dla uzyskania licencji ATPL(A)
	<b>W zakresie umiejętności:</b>
<b>EK6</b>	Ma umiejętność praktycznego określania parametrów aerodynamicznych rzeczywistego samolotu
<b>EK7</b>	Ma umiejętność praktycznego określania ograniczeń rzeczywistego samolotu
	<b>W zakresie kompetencji społecznych:</b>
<b>EK8</b>	Ma świadomość postępowania w sposób profesjonalny i ponoszenia odpowiedzialności za własną pracę oraz posiada świadomość ciągłego dokształcania się.

### Treści programowe przedmiotu

Forma zajęć - wykłady

	Treści programowe	Liczba godzin
<b>W1</b>	<b>Aerodynamika poddźwiękowa</b>	5
<b>W2</b>	<b>Aerodynamika przydźwiękowa</b>	5
<b>W3</b>	<b>Aerodynamika naddźwiękowa</b>	4
<b>W4</b>	<b>Stateczność</b>	4
<b>W5</b>	<b>Ograniczenia</b>	4
<b>W6</b>	<b>Śmigło</b>	4
<b>W7</b>	<b>Mechanika lotu</b>	4
	Suma godzin:	30
<b>Forma zajęć - ćwiczenia</b>		
	Treści programowe	Liczba godzin
<b>P1</b>	<b>Aerodynamika poddźwiękowa</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Działanie sił aerodynamicznych na powierzchnie</li> <li>2. Profil płata</li> <li>3. Profil skrzydła</li> <li>4. Dwuwymiarowy przepływ powietrza wokół płata</li> <li>5. Schemat przepływu laminarnego</li> <li>6. Punkt spiętrzenia</li> <li>7. Rozkład ciśnienia</li> <li>8. Środek parcia</li> <li>9. Siła nośna i sływ strugi</li> <li>10. Opór i strumień nadążający</li> <li>11. Wpływ kąta natarcia</li> <li>12. Rozdzielenie przepływu na dużych kątach natarcia</li> <li>13. Wykres siły nośnej</li> <li>14. Współczynnik</li> <li>15. trójwymiarowy przepływ powietrza wokół samolotu</li> <li>16. Opór całkowity</li> <li>17. Wpływ bliskości ziemi</li> <li>18. Zależność pomiędzy współczynnikiem siły nośnej a prędkością</li> <li>19. Przeciągnięcie <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rozdzielenie przepływu przy wzrastającym kącie natarcia</li> <li>- Prędkość przeciągnięcia</li> <li>- Początkowe przeciągnięcie w kierunku rozpiętości</li> <li>- Ostrzeganie przed przeciągnięciem</li> <li>- Specyficzne zjawiska przeciągnięcia</li> </ul> </li> <li>22. Zwiększanie <math>C_L</math> max <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kłapy krawędzi sływu i powody ich używania w czasie startu i lądowania</li> <li>- Urządzenia na krawędzi natarcia oraz powody ich używania podczas startu i lądowania</li> <li>- Generatory wirów</li> </ul> </li> <li>23. Sposoby zmniejszania stosunku <math>C_L - C_D</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Przerywacze (spoilery)</li> <li>- Hamulce aerodynamiczne</li> </ul> </li> <li>24. Warstwa przyścienna <ul style="list-style-type: none"> <li>- Różne rodzaje</li> <li>- Skutki pozytywne i negatywne</li> <li>-</li> </ul> </li> <li>25. Szczególne okoliczności <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lód i inne zanieczyszczenia</li> <li>- Deformacje i modyfikacje latowca, starzenie się samolotu</li> </ul> </li> </ol>	5
<b>P2</b>	<b>Aerodynamika przydźwiękowa</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definicja liczby Macha</li> <li>2. Prędkość dźwięku</li> </ol>	5

	<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Wpływ temperatury i wysokości</li> <li>4. Ścisłość</li> <li>5. Normalne fale uderzeniowe</li> <li>6. Środki podejmowane celem uniknięcia przekroczenia <math>M_{crit}</math></li> </ul>	
<b>P3</b>	<b>Aerodynamika naddźwiękowa</b> 081 03 01 00 Skośne fale uderzeniowe 081 03 01 01 Stożek Macha 081 03 01 02 Wpływ ciężaru samolotu 080 03 01 03 Fale rozrzedzeniowe 081 03 01 04 Środek parcia 081 03 01 05 Opór falowy - moment zawiasowy powierzchni sterowych - efektywność powierzchni sterowych	5
<b>P4</b>	<b>Stateczność</b> 081 04 01 00 Warunek równowagi w statecznym locie poziomym 081 04 01 01 Warunek wstępny stateczności statycznej 081 04 01 02 Suma momentów - siły nośnej i ciężaru - oporu i ciągu 081 04 01 03 Suma sił - w płaszczyźnie poziomej - w płaszczyźnie pionowej 081 04 02 00 Metody uzyskiwania równowagi sił 081 04 02 01 Skrzydło i usterzenie (tylne i przednie – układ kaczka) 081 04 02 02 Powierzchnie sterowe 081 04 02 03 Balastowanie lub wyważanie masowe 081 04 03 00 Stateczność podłużna 081 04 03 01 Podstawowe pojęcia i definicje - stateczność statyczna, dodatnia, neutralna i ujemna - podstawowy warunek stateczności dynamicznej - stateczność dynamiczna, dodatnia, neutralna i ujemna - tłumienie: - fugoidalne (długookresowe) - krótkookresowe - wpływ dużych wysokości na stateczność dynamiczną 081 04 03 02 Stateczność statyczna 081 04 03 03 Punkt neutralny (zerowy), lokalizacja punktu neutralnego - definicja 081 04 03 04 Udział: - geometrii samolotu - odchylenia strug za skrzydłem: - środka aerodynamicznego skrzydła 081 04 03 05 Położenie środka ciężkości - maksymalne tylne położenie środka ciężkości, minimalny margines stateczności - położenie przednie - wpływ na stateczność statyczną i dynamiczną 081 04 03 06 Wykres $C_m$ (alfa) 081 04 03 07 Udział: - położenia środka ciężkości - wychylenia powierzchni sterowych - głównych części samolotu (skrzydeł, kadłuba, ogona) - konfiguracji: - wychylenia kłap - wypuszczonego podwozia 081 04 03 08 Wykres zależności wychylenia steru wysokości i prędkości (IAS) 081 04 03 09 Udział: - położenia środka ciężkości - trymowania (kłapką wyważającą) - trymowania (przestawieniem statecznika)	10

	<p>081 04 03 10 Wykres zależności siły na drążku sterowym i prędkości (IAS)</p> <p>081 04 03 11 Udział:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- położenia środka ciężkości</li> <li>- trymowania (klapką wyważającą)</li> <li>- trymowania (przestawieniem statecznika)</li> <li>- liczby Macha, (Mach trim)</li> <li>- sił tarcia w systemie</li> <li>- sił sprężyn</li> <li>- obciążników</li> </ul> <p>081 04 03 12 Manewrowanie / siła na drążku sterowym a przeciążenie</p> <p>081 04 03 14 Udział:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- położenia środka ciężkości</li> <li>- trymowania</li> <li>- sił sprężyn</li> <li>- obciążników</li> </ul> <p>081 04 03 15 Siła na drążku sterowym w stosunku do przeciążenia (g) i współczynnik obciążenia granicznego</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kategoria certyfikacji</li> </ul> <p>081 04 03 16 Okoliczności szczególne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lód:</li> <li>- wpływ wysunięcia klapy</li> <li>- wpływ oblodzenia statecznika</li> <li>- deszcz</li> <li>- odkształcenia płatowca</li> </ul> <p>081 04 04 00 Kierunkowa stateczność statyczna</p> <p>081 04 04 01 Kąt ślizgu alfa</p> <p>081 04 04 02 Współczynnik momentu odchylenia kierunkowego <math>C_n</math></p> <p>081 04 04 03 Wykres <math>C_n</math> (alfa)</p> <p>081 04 04 04 Wpływ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- położenia środka ciężkości</li> <li>- kąta skosu skrzydła</li> <li>- kadłuba przy dużych kątach natarcia</li> <li>- pasma</li> <li>- płetwy przed usterzeniem pionowym i kąta skosu usterzenia pionowego</li> <li>- głównych części samolotu</li> </ul> <p>081 04 05 00 Poprzeczna stateczność statyczna</p> <p>081 04 05 01 Kąt przechylenia alfa</p> <p>080 04 05 02 Współczynnik momentu przechylającego CL</p> <p>081 04 05 03 Wpływ kąta ślizgu alfa</p> <p>081 04 05 04 Wykres CL (alfa)</p> <p>081 04 05 05 Wpływ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kąta skosu skrzydła</li> <li>- płetwy podkadłubowej</li> <li>- lokalizacji skrzydła</li> <li>- dodatniego lub ujemnego wzniosu płata</li> </ul> <p>081 04 05 06 Skuteczna stateczność poprzeczna</p> <p>081 04 06 00 Stateczność poprzeczna dynamiczna</p> <p>081 04 06 01 Efekt asymetrycznego strumienia zaśmigłowego</p> <p>081 04 06 02 Tendencja do stromej spirali</p> <p>081 04 06 03 Holendrowanie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- przyczyny</li> <li>- liczba Macha</li> <li>- tłumik odchylenia (yaw damper)</li> </ul> <p>081 04 06 04 Wpływ wysokości na stateczność dynamiczną</p>	
<b>P5</b>	<p><b>Sterowanie</b></p> <p>081 05 01 00 Ogólnie</p> <p>081 05 01 01 Podstawy, trzy płaszczyzny i trzy osie</p> <p>081 05 01 02 Zmiana wysklepienia profilu</p> <p>081 05 01 03 Zmiana kąta natarcia</p>	10

	<p>081 05 02 00 Sterowanie pochyleniem</p> <p>081 05 02 01 Ster wysokości</p> <p>081 05 02 02 Wpływ odchylenia strug za skrzydłem</p> <p>081 05 02 03 Lód na usterzeniu samolotu</p> <p>081 05 02 04 Położenie środka ciężkości</p> <p>081 05 03 00 Sterowanie kierunkowe</p> <p>081 05 03 01 Przełącznik zmiany przełożenia sterowania sterem kierunku</p> <p>081 05 03 02 Momenty zależne od ciągu silnika</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bezpośrednie</li> <li>- indukowane</li> </ul> <p>081 05 03 03 Niesprawność silnika (n - 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ograniczenia sterowania kierunkiem przy ciągu asymetrycznym</li> <li>- znaczenie VMCA , VMCG</li> </ul> <p>081 05 04 00 Sterowanie poprzeczne</p> <p>081 05 04 01 Lotki</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lotki wewnętrzne</li> <li>- lotki zewnętrzne</li> <li>- funkcje w różnych fazach lotu</li> </ul> <p>081 05 04 03 Przerwywacze (spoilery)</p> <p>081 05 04 04 Odchylanie przeciwne do wychylenia lotek (adverse yaw)</p> <p>081 05 04 05 Sposoby unikania momentu oporowego lotek</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lotki Friese</li> <li>- różnicowe wychylenie lotek</li> <li>- sprężynowe połączenie lotek i steru kierunku</li> <li>- przerwywacze</li> <li>- efekt asymetrycznego strumienia zaśmigłowego</li> </ul> <p>081 05 05 00 Wzajemne oddziaływanie różnych powierzchni (odchylanie / przechylenie)</p> <p>081 05 05 01 Ograniczenia mocy asymetrycznej</p> <p>081 05 06 00 Sposoby zmniejszania sił działających na stery</p> <p>081 05 06 01 Wyważenie aerodynamiczne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wyważenie osiowe</li> <li>- wyważenie rogowe</li> <li>- wyważenie wewnętrzne</li> <li>- klapka odciążająca, klapka dociążająca</li> <li>- klapka wspomagająca</li> <li>- klapka sprężynowa</li> </ul> <p>081 05 06 02 Sterowanie sztuczne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sterownice ze wzmacniaczami</li> <li>- sterownice całkowicie wspomagane (bezzwrotne)</li> <li>- sztuczne „czucie”:</li> <li>- sygnały wejściowe,</li> <li>- ciśnienie dynamiczne [q]</li> <li>- ustawianie statecznika</li> </ul> <p>081 05 07 00 Wyważenie masowe</p> <p>081 05 07 01 Powody stosowania wyważania</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sposoby</li> </ul> <p>081 05 08 00 Trymowanie</p> <p>081 05 08 01 Powody stosowania trymowania</p> <p>081 05 08 02 Klapki wyważające</p> <p>081 05 08 03 Przystawianie statecznika, prędkość trymowania względem prędkości IAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wpływ położenia środka ciężkości na ustawienie trymera (statecznika) do startu</li> </ul>	
<p><b>P6</b></p>	<p><b>Ograniczenia</b></p> <p>081 06 01 00 Ograniczenia operacyjne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- flutter</li> <li>- odwrotne działanie lotek</li> <li>- użytkowanie podwozia i klap</li> </ul> <p>081 06 01 01 VMO, VNO, VNE</p> <p>081 06 01 02 MMO</p>	<p>5</p>

	<p>081 06 02 00 Krzywa wyrwania</p> <p>081 06 02 01 Wykres obciążeń manewrowych</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- współczynnik obciążenia</li> <li>- prędkość przeciągnięcia przy przyspieszeniu</li> <li>- VA, VC, VD</li> <li>- graniczny współczynnik obciążeń manewrowych, kategoria certyfikacji</li> </ul> <p>081 06 02 02 Wpływ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- masy</li> <li>- wysokości</li> <li>- liczby Macha</li> </ul> <p>081 06 03 00 Obwódźnia obciążeń od podmuchów</p> <p>081 06 03 01 Wykres obciążeń od podmuchów</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pionowe prędkości podmuchów</li> <li>- prędkość przeciągnięcia przy przyspieszeniu</li> <li>- VB, VC, VD</li> <li>- graniczny współczynnik obciążeń od podmuchów</li> <li>- VRA</li> </ul> <p>081 06 03 02 Wpływ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- masy</li> <li>- wysokości</li> <li>- liczby Macha</li> </ul>	
<b>P7</b>	<p><b>Śmigło</b></p> <p>081 07 01 00 Zamiana momentu obrotowego silnika na ciąg</p> <p>081 07 01 01 Pojęcie skoku</p> <p>081 07 01 02 Skręcenie łopaty śmigła</p> <p>081 07 01 03 Śmigła o stałym i zmiennym skoku, śmigła o stałej prędkości obrotowej</p> <p>081 07 01 04 Sprawność śmigła w odniesieniu do prędkości</p> <p>081 07 01 05 Skutki osadzania się lodu na śmigle</p> <p>081 07 02 00 Niesprawność silnika lub zatrzymanie pracy silnika</p> <p>081 07 02 01 Opór wiatrakowania śmigła</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wpływ na moment odchylający przy asymetrii mocy</li> </ul> <p>081 07 02 02 Śmigło ustawione w chorągiewkę</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wpływ na osiągi w locie szybowym</li> <li>- wpływ na moment odchylający przy asymetrii mocy</li> </ul> <p>081 07 03 00 Cechy konstrukcyjne śmigła dla uzyskania zamiany mocy na ciąg</p> <p>081 07 03 01 Wydłużenie łopat</p> <p>081 07 03 02 Średnica śmigła</p> <p>081 07 03 03 Ilość łopat</p> <p>081 07 03 04 Hałas spowodowany pracą śmigła</p> <p>081 07 04 00 Momenty i pary sił wskutek działania śmigła</p> <p>081 07 04 01 Reakcja na moment obrotowy</p> <p>081 07 04 02 Precesja żyroskopowa</p> <p>081 07 04 03 Efekt asymetrycznego strumienia zaśmigłowego</p> <p>081 07 04 04 Efekt asymetrii łopat śmigła</p>	5
<b>P8</b>	<p><b>Mechanika lotu</b></p> <p>081 08 01 00 Siły działające na samolot</p> <p>081 08 01 01 Ustalony lot poziomy po prostej</p> <p>081 08 01 02 Ustalony wznoszenie po prostej</p> <p>081 08 01 03 Ustalony zniżanie po prostej</p> <p>081 08 01 04 Ustalony lot szybowy po prostej</p> <p>081 08 01 05 Ustalony zakręt skoordynowany</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kąt przechylenia</li> <li>- współczynnik obciążenia</li> <li>- promień zakrętu</li> <li>- prędkość kątowna</li> <li>- zakręt o 180o w ciągu 1 minuty</li> </ul> <p>081 08 02 00 Ciąg asymetryczny</p> <p>081 08 02 01 Momenty na osi pionowej</p>	5

081 08 02 02 Siły działające na statecznik pionowy 081 08 02 03 Wpływ kąta przechylenia - zbyt duże przechylenie - przeciągnięcie statecznika pionowego 081 08 02 04 Wpływ ciężaru samolotu 081 08 02 05 Wpływ użycia lotek 081 08 02 06 Wpływ specjalnych efektów śmigła na moment pochylający - moment obrotowy śmigła - strumień zaśmigłowy na klapach 081 08 02 07 Wpływ kąta ślizgu na moment przechylający 081 08 02 08 VMCA 081 08 02 09 VMCL 081 08 02 10 VMCG 081 08 02 11 Wpływ wysokości 081 08 03 00 Zniżanie awaryjne 081 08 03 01 Wpływ konfiguracji samolotu 081 08 03 02 Wpływ wybranej liczby Macha i prędkości IAS 081 08 03 03 Charakterystyczne punkty na krzywej biegunowej 081 08 04 00 Uskok wiatru.	
Suma godzin:	45

<b>Metody i środki dydaktyczne</b>	
<b>1</b>	Wykład konwencjonalny, wykład multimedialny
<b>2</b>	Ćwiczenia audytorijne - rozwiązywanie zadań
<b>3</b>	Podręczniki, normy, katalogi i inne pomocnicze materiały dydaktyczne

<b>Sposoby oceniania</b>	
Ocenianie kształtujące	
<b>F1</b>	Poprawne stosowanie zagadnień aerodynamiki poddźwiękowej, przydźwiękowej i naddźwiękowej
<b>F2</b>	Poprawne stosowanie zagadnień stateczności sterowania i ograniczeń samolotu
<b>F3</b>	Prawidłowe wykorzystanie zagadnień mechaniki lotu
Ocenianie podsumowujące	
<b>P1</b>	Aktywność na zajęciach
<b>P2</b>	Zadania praktyczne
<b>P3</b>	Zaliczenie w formie testu jednokrotnego wyboru lub zestawu pytań opisowych. Za poprawną odpowiedź na pytanie student otrzymuje 1 pkt. Ilość uzyskanych punktów odpowiada ocenie za zaliczenie według stosowanego przedziału 2 do 5. (ocenie: 45% - 3.0; 55% - 3.5; 65% - 4.0; 85% - 4.5; 95% - 5.0)

<b>Obciążenie pracą studenta</b>	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin na realizowanie aktywności
(Godziny kontaktowe z wykładowcą, realizowane w formie zajęć dydaktycznych – łączna liczba godzin w semestrze)	75
(Godziny kontaktowe z wykładowcą realizowane w formie np. konsultacji – łączna liczba godzin w semestrze)	3
(Przygotowanie się do laboratorium – łączna liczba godzin w semestrze)	
Przygotowanie do zajęć	22
Suma	100







		50%).	55%).	65%).	85%).	95%).
--	--	-------	-------	-------	-------	-------

<b>Autor programu:</b>	mgr inż. Łukasz Puzio
<b>Adres e-mail:</b>	okl@pwsz.chelm.pl
<b>Jednostka organizacyjna:</b>	Ośrodek Kształcenia Lotniczego

